

Pengaruh variasi Holding Time Pada Perlakuan Panas Quench Annealing Terhadap Sifat mekanik dan Mikro Struktur Pada Baja mangan AISI 3401

Boby Endi Kurniawan, Yuli Setiyorini

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: yulisetiyorini@yahoo.com

Abstrak—Baja mangan merupakan salah satu baja penting yang digunakan dalam industri dan memiliki aplikasi yang luas karena mempunyai wear resisten yang baik, kemampuan work hardening yang tinggi dengan ketangguhan dan keuletan yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh perubahan struktur mikro dan sifat mekanik pada baja mangan austenitic AISI 3401. Penelitian baja mangan austenitic AISI 3401 ini dilakukan dengan perlakuan quench annealing pada temperature 1000°C dengan empat variasi waktu tahan 30 menit, 60 menit, 120 menit yang diikuti pendinginan cepat media air, dan tanpa perlakuan. Kemudian dilakukan pengujian metalografi untuk mengetahui struktur mikro, uji kekerasan untuk mengetahui sifat mekanik dan uji XRD untuk menganalisis fasa hasil dari perlakuan quench annealing pada temperature 1000°C dengan menggunakan empat variasi tersebut. Hasil penelitian diperoleh adanya pembentukan karbida dan austenit pada semua spesimen. Sedangkan hasil uji kekerasan yang didapatkan nilai yang tertinggi adalah pada waktu tahan 30 menit, yaitu 27 HRC.

Kata Kunci—Baja Mangan AISI 3401, Kekerasan, Quench Annealing, Struktur mikro.

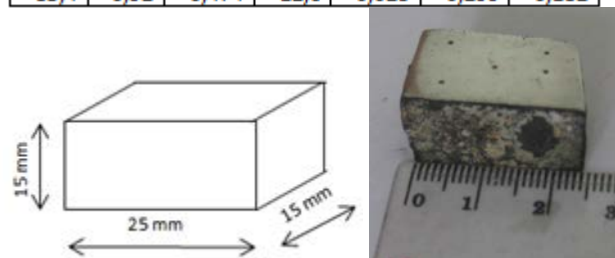
I. PENDAHULUAN

Baja mangan austenitic atau baja mangan tinggi merupakan salah satu baja paduan yang mengandung 0,9-1,2 % karbon dan 11-14 % mangan. Tingginya kadar karbon dan mangan membuat material ini pada temperatur kamar mengandung fasa austenite yang sangat dominan. Baja ini memiliki ketahanan terhadap keausan, kekerasan yang cukup tinggi, ketangguhan yang baik dan tahan terhadap korosi[1] sehingga aplikasinya banyak dimanfaatkan untuk peralatan-peralatan yang mengalami beban impact yang besar dan keausan tinggi seperti stone crusher, hammer mill, dan rail crusher. Dalam penggunaan baja mangan austenitic sering kali ada suatu permasalahan yang terjadi di lapangan. Seperti yang terjadi di dalam industri-industri yang menggunakan peralatan yang terbuat dari baja mangan austenitic. Pada kenyataannya setelah dioperasikan material yang terbuat dari baja ini tidak dapat bertahan sesuai umur pakai alat tersebut karena mengalami pengurangan beban[2]. Untuk itu perlu dilakukan suatu penelitian dengan cara merekayasa perlakuan panasnya

Tabel 1.

Hasil spectro baja mangan AISI 3401

Fe	C	Si	Mn	P	Cr	Ni
85,4	0,92	0,474	12,6	0,023	0,299	0,182



Gambar 1. Dimensi Spesimen

(heat treatment) dengan tujuan untuk merekayasa sifat mekanik baja ini menjadi lebih baik.

Penelitian ini untuk memperbaiki sifat mekanik baja yaitu dengan metode pemanasan quench annealing pada temperatur 1000⁰ C kemudian memvariasikan waktu tahan yaitu 30 menit, 60 menit, 120 menit. Sedangkan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara pemanasan sampai temperatur austenitisasi kemudian dilakukan pendinginan quenching di air.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Preparasi Spesimen

Baja mangan AISI 3401 yang mengandung 0,92 % C dan 12,6 % Mn dipreparasi dengan menggunakan wire cut dengan dimensi ukuran 15 x 25 x 15 mm. Spesimen dipotong menjadi 4 bagian yang digunakan untuk 3 variasi waktu tahan yaitu pada 30 menit, 60 menit, 120 menit, dan tanpa perlakuan.

B. Proses Heat Treatment

Perlakuan panas quench annealing adalah menaikkan temperature sampai temperature 1000⁰C, yang bertujuan agar fasanya menjadi full austenite kemudian ditahan dengan menggunakan tiga variasi yaitu selama 30, 60, dan 120 menit. Kemudian didinginkan dengan pendinginan yang cepat dengan menggunakan media pendingin air agar didapat struktur mikro pada baja mangan austenite full austenite pada temperature



Gambar 2. Spesimen metalografi kamar.

C. Pengujian Metalografi

Seluruh spesimen yang telah diberikan perlakuan panas quech annealing dibersihkan dari kerak-kerak yang masih menempel. Sebelum diamati di bawah mikroskop optic specimen diampelas dengan menggunakan kertas ampelas secara manual. Mulai dari grid 80, 100, 240, 350, 600, 800, 1000, 1500, 1800, hingga 2000 mesh dilanjutkan dengan memberikan pasta alumina pada permukaan spesimen yang akan diamati dibawah mikroskop sehingga diperoleh permukaan benda uji yang rata dan mengkilap.

Spesimen yang telah dipoles kemudian dietsa dengan larutan etsa gliceregia dengan cara mencampurkan HCl dang liserin sebelum menambahkan HNO₃ yang bertujuan untuk memunculkan fasa yang diinginkan sehingga bila dilihat pada mikroskop optic dapat terlihat dengan jelas.

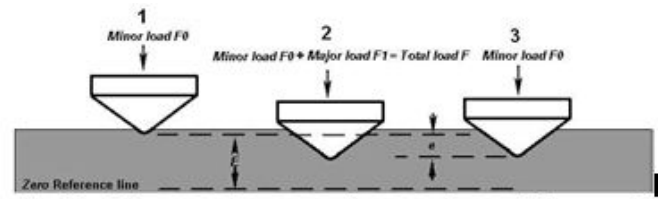
Spesimen yang akan diamati diposisikan tegak lurus dengan arah lensa mikroskop agar didapatkan visualisasi gambar yang tidak kabur. Perbesaran yang diambil bervariasi dimana perbesaran 50X untuk menunjukkan keseluruhan penampakan dari spesimen,

D. Pengujian Hardness

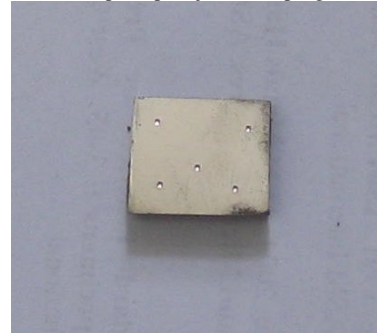
Untuk mencari besarnya nilai kekerasan dengan menggunakan metode Rockwell dijelaskan pada gambar 2, yaitu pada langkah 1 benda uji ditekan oleh indenter dengan beban minor (*Minor Load* F₀) setelah itu ditekan dengan beban mayor (*major Load* F₁) pada langkah 2, dan pada langkah 3 beban mayor diambil sehingga yang tersisa adalah minor load dimana pada kondisi 3 ini indenter ditahan seperti kondisi pada saat total load F yang terlihat pada Gambar 2. Besarnya *minor load* maupun *major load* tergantung dari jenis material yang akan di uji.

E. Pengujian XRD

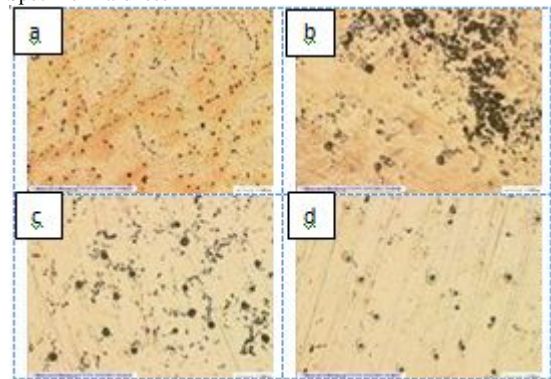
Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur kristal dari fasa-fasa yang terdapat pada benda uji baik yang mendapatkan perlakuan sampai yang tidak diberikan perlakuan. Untuk pengolahan datanya, sampel diperiksa dengan menggunakan X-Ray Diffraction (seluruhnya dihubungkan dengan interface pada komputer).



Gambar 3. prinsip kerja metode pengukuran kekerasan Rockwell



Gambar 4. Specimen hardness



Gambar 3. Hasil struktur mikro dengan perbesaran 50X : (a) Tanpa perlakuan (b) Holding 30 menit (c)Holding 60 menit (d)holding 120 menit : dengan etsa gliceria.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Pengujian Metalografi

Proses pemanasan quech annealing diatas temperature austenitisasi yaitu pada temperatur 1000°C dengan menggunakan variasi temperatur 30 menit, 60 menit, 120 menit, dan spesimen tanpa perlakuan menghasilkan gambar struktur mikro karbida yang terdapat pada matrik austenit. Sama dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya hasil pendinginan cepat pada baja mangan menghasilkan karbida dan austenite [3] karena jika baja ini didinginkan dengan lambat akan terjadi presipitasi karbida pada batas butir. sebagaimana penelitian sebelumnya hasil dari pendinginan lambat (annealing) akan menghasilkan presipitasi karbida yang sangat hebat[4]. Sehingga agar tidak terbetuk presipitasi karbida yang sangat hebat maka setelah berada di temperature austenitisasi langsung didinginkan dengan cepat. Sehingga akan terbentuk struktur mikro yang full austenit Sehingga sifat work hardening pada pada baja mangan tidak menurun karena harga work hardening dipengaruhi dengan jumlah karbon yang larut pada austenite dan karbida yang tersebar [5] Tetapi hasil pendinginan cepat akan menyebabkan menurunnya kekerasan.

Gambar struktur mikro pada gambar 3 d dihasilkan struktur mikro hampir mendekati full austenit dengan jumlah karbida yang sedikit. Karena pada perlakuan panas solution annealing pada temperatur 1000°C dengan waktu tahan 120 menit memberikan waktu yang cukup panjang bagi atom C yang berada pada karbida untuk berdifusi kedalam fasa austenit sehingga banyak karbida yang larut.

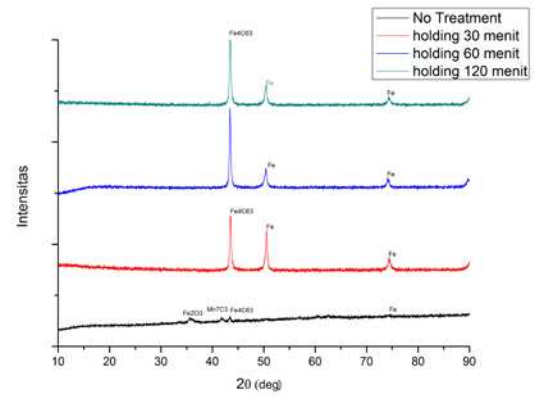
B. Pengujian XRD

Identifikasi hasil XRD dilakukan dengan mencocokkan puncak-puncak yang teridentifikasi saat pengujian XRD dengan database PDF card. Identifikasi dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur atau senyawa yang muncul setelah proses perlakuan panas solution annealing. Pada hasil XRD gambar 4 waktu tahan 30 menit, 60 menit, 120 menit, dan tanpa perlakuan, menunjukkan bahwa senyawa yang muncul yaitu *iron carbide* misal pada hasil XRD pada waktu tahan 30 menit $2\theta = 43.4788$ dan $d \text{ \AA} = 2.08144$ dibandingkan dengan PDF card iron carbide $2\theta = 43.5087$ dan $d \text{ \AA} = 2.078310$ (PDF Card 01-071-1174) dan *austenite* $2\theta = 74.3834$ dan $d \text{ \AA} = 1.27536$ dibandingkan dengan PDF card austenite $2\theta = 74.2436$ dan $d \text{ \AA} = 1.276330$ (PDF card 01-071-4649). Dari hasil pengujian XRD menunjukkan bahwa dengan waktu tahan 30 menit, 60 menit, dan 120 menit belum dapat menghasilkan fasa full austenite karena masih muncul karbida yaitu *iron carbide*. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu hasil pendinginan cepat didapat fasa austenite [2] dan karbida. [3]. Dan hasil XRD pada spesimen tanpa perlakuan panas terdapat oksida besi hasil ini dikarenakan logam biasanya terjadi oksidasi pada lapisannya dimana dari hasil XRD terdapat senyawa oksida, Fe yang berikatan membentuk oksida. Hal ini terjadi akibat dari masih adanya lapisan lapisan oksida pada spesimen yang terdifraksi oleh sinar x saat proses XRD. Sebagaimana penelitian yang dilakukan sebelumnya hasil XRD spesimen yang tidak mendapatkan perlakuan panas menghasilkan oksida besi [4]

Selanjutnya, analisa dilakukan dengan melihat nilai FWHM yang berbeda dari setiap unsur. Hal tersebut terjadi karena adanya pelebaran kurva dan perubahan struktur Kristal akibat perbedaan waktu tahan. Struktur kristal yang berubah dapat dilihat dari ukuran kristal yang berbeda-beda di setiap variasi waktu tahan. Perhitungan pengukuran kristal (D) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus Debye Scharrer pada Persamaan 1 sebagaiberikut.

$$D = \frac{0.9\lambda}{B \cos \theta} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana D adalah ukuran Kristal (1/10 nm), λ adalah panjang gelombang yang digunakan pada pengujian XRD yaitu sebesar 1.54056 Å, B adalah lebar setengah puncak (FWHM) dalam radian, dan θ adalah posisi sudut terbentuknya puncak. Dengan melihat tabel di atas menunjukkan dengan holding time 30 menit dan 60 menit menghasilkan ukuran Kristal besar. Sedangkan dengan holding time yang lebih panjang yaitu 120 menit menghasilkan ukuran Kristal yang kecil, tetapi ukuran Kristal yang paling kecil pada spesimen tanpa perlakuan panas.



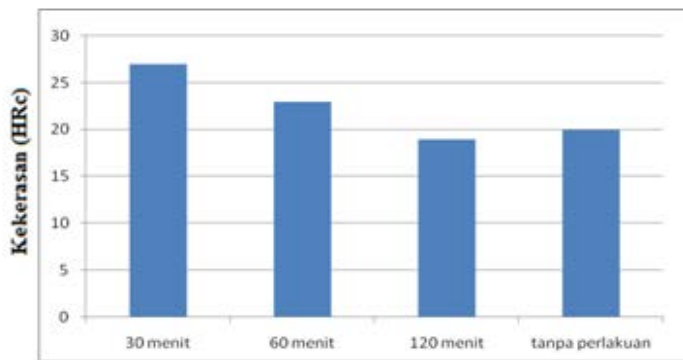
Gambar 4. Pengaruh perlakuan panas quench annealing pada pola grafik XRD.

Tabel 2. Analisa data difraksinar x terhadap baja mangan AISI 3401

sampel	fasa	2 θ	FWHM (rad)	D (nm)
tanpa perlakuan	austenit	74,2573	0,008029	421,174
	karbida	43,4177	0,002676	616,224
30 menit	austenit	74,3834	0,001673	1570,293
	karbida	43,4788	0,000836	1893,477
60 menit	austenit	74,3834	0,001673	1775,387
	karbida	43,5497	0,000816	1871,554
120 menit	austenit	74,3489	0,004015	692,896
	karbida	43,4305	0,001506	1081,17

C. Pengujian Hardness

Pada keempat variable spesimen quech annealing yang telah mendapat variasi waktu tahan, nilai kekerasan yang paling tinggi didapatkan dari uji kekerasan adalah yang berasal dari waktu tahan 30 menit . Karena kekerasan yang dihasilkan tergantung pada banyak dan persebaran karbida. Sehingga pada perlakuan panas quech annealing dengan waktu tahan 30 menit mempunyai kekerasan yang paling tinggi karena pada struktur mikro pada perlakuan tersebut karbida masih banyak dijumpai dengan jumlah yang banyak dari hasil mikro struktur selain itu dari pengujian XRD menunjukkan ukuran kristal karbida paling besar. Sedangkan pada waktu tahan 120 menit kekerasan paling rendah karena struktur mikro pada hasil perlakuan panas ini adalah hampir full austenite dan persebaran karbida yang berjumlah sedikit pada matrik austenite sehingga kekerasannya rendah yaitu 19 HRc. Sesuai dengan penelitian sebelumnya kekerasan yang didapatkan hasil pendinginan cepat pada pada baja mangan austenitic yaitu 18 HRc.[6]



Gambar 5. Grafik hasil rata-rata pengujian hardness Rockwell C.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi perlakuan panas quech annealing yang diberikan kepada specimen membentuk struktur mikro karbida yang berada pada matrik austenite dimana pada holding time 120 menit menghasilkan struktur mikro yang hampir full austenite.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abrianto. 2008. "Analisis Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Baja Mangan Austenitik Hasil Proses Perlakuan Panas" Jurnal Teknik Universitas Jendral Achmad Yani 8 (11): 90-99.
- [2] Agunsoye, J.O. Wear of Hadfield Austenitic manganese Steel Casting. Yaba: University of Lagos.
- [3] Anggono, Juliana . 2009. Studi Efek Work Hardening melalui penumbukan pada Baja mangan Austenitik SCMnH 11. Surabaya : Universitas Kristen Petra.
- [4] ASM Handbook Commite. 1991. ASM Metals Handbook, Vol 04 Heat Treating. ASM International.
- [5] ASM Handbook Commite. 2004. ASM Metals Handbook, Vol 09 Metallography and Microstructures. ASM International.
- [6] Bhero, S.W. 2013. Common Causes of Premature Failure of Hadfield Steel Crushers and Hammers Used in the Mining Industry. Johannesburg :International Conference on Mining, Mineral Processing and metallurgical Engineering.
- [7] Dodrzanski, L.A. 2009. Mikrostruktur Evolution of High-Manganese Steel During the Thermomechanical Processing. International Scientific Journal by The World Academy of metal and Manufacturing Engineering. Gliwice: Silesian University of Technology.
- [8] Hosseini, Shabnam. 2011. Optimization of Heat Treatment to Obtain Desered Mechanical Properties of High Carbon Hadfield Steels. Amol: Islamic Azad University.
- [9] Hussein, Chendra. 2012. Pengaruh Variasi temperatur Tempering Terhadap Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Pada Baja Mangan Hadfield AISI 3401 Hammer Clinker Cooler PT Semen Gresik. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [10] Ismanhadi, Mohammad S. 2012. Pengaruh Media Pendingin Terhadap Sifat mekanik dan Mikrostruktur Pada Baja Mangan Hadfield AISI 3401 PT Semen Gresik. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [11] Kheirandish, Shahram. 2009. "Effect of Heat Treatment on Microstructure of Modified Cast AISI D3 Cold Work Tool Steel" Journal Of Iron And Steel Research International 52 (9): 40-45.
- [12] Pribulova, Alena. 2011. Influence of Hadfield's Steel Cemical Composition on Its Mechanical Properties. Kosice: Technical University Kosice.
- [13] Siregar, S.K. Kurniawan. Perubahan Fasa Baja Mangan (FeMn) Hadfield 3401 Pada Proses Pemanasan dan Perlakuan Pendinginan Cepat (water quenching) dan Lambat (air cooling). Medan: Universitas Sumatera Utara.